

在姿ロングレールの動的応力解析

○鉄道総合技術研究所 正会員 片岡宏夫

鉄道総合技術研究所 正会員 弟子丸将

1. はじめに

在姿ロングレールの疲労寿命を推定するためには、定尺レールとロングレールの両使用期間におけるボルト穴周り応力と底部曲げ応力の推移を推定する必要がある。著者らは以前に、レール継目部周辺の動的応力解析法を構築し、継目部の応力推定を可能とした¹⁾。また、レール溶接部のレール底部曲げ応力については、石田らが既に動的解析法を開発している²⁾。本報告では、在姿ロングレールのボルト穴の発生応力を推定するために、梁モデルとソリッドモデルで構成される動的応力解析モデルを構築し、解析結果と現地測定結果を比較し、解析モデルの妥当性を検討した結果を報告する。

2. 在姿ロングレールの解析モデル

動的応力解析モデルは、有限要素梁モデルを用いて輪重変動を計算し、ソリッドモデルにその荷重履歴を与えて応力変動を求める構成とした。解析ツールの構成を図1に示す。輪重変動を計算するための有限要素梁モデルは、レールをTimoshenko梁、まくらぎを質点とし、レール/まくらぎ間とまくらぎ/固定点間をばねダンパで結合した。ソリッドモデルのボルト穴周りを、応力集中を表現するために細かいメッシュにしている。

3. 現地測定結果との比較

構築した解析モデルについて、当研究所の協力の基に東日本旅客鉄道株式会社が実施した在姿ロングレールの現地走行試験結果による検証を行った³⁾。現地試験は、有道床軌道、緩和曲線の内軌の50kgNおよび60kgレール溶接部について実施された。主要な測点を図1に、計算諸元を表2に示す。ここではレール頭頂面凹凸形状を考慮した解析を行った。軌道パッドのばね定数は公称値を用い、まくらぎ支持ばね定数は測定結果から推定した。

解析結果と実測値の波形例を図3～5に示す。解析の結果、凹凸波形にみられる熱影響部の短波

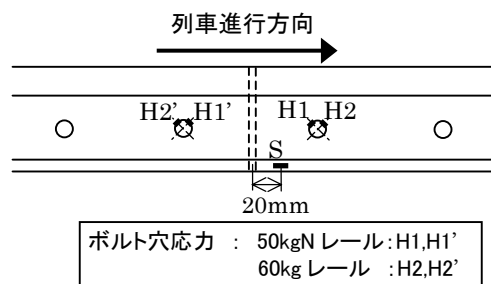


図2 現地試験測点

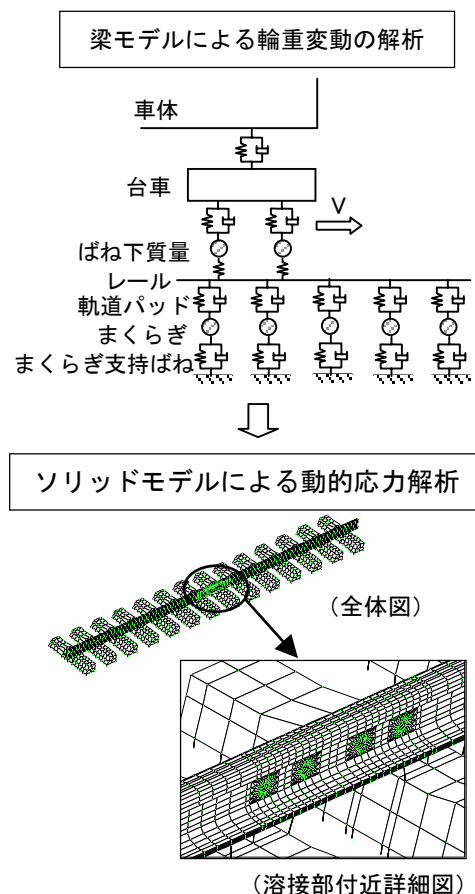


図1 動的応力解析モデル

表1 計算諸元

部 品	物 性	物性値
静止輪重	—	40.2 kN
軸ばね	ばね定数	1.0 MN/m
	減衰定数	0.098 MN・s/m
輪軸質量	—	12.7 kN
車輪径	—	430 mm
レール種別	—	50kgN、60kg
まくらぎ間隔	—	556 mm
軌道パッド	ばね定数	50 MN/m
	減衰定数	0.098 MN・s/m
まくらぎ質量	縦弾性係数	4.0×10^4 N/mm ²
支持ばね*	ばね定数	40 MN/m
	減衰係数	0.098 MN・s/m

*まくらぎ質量、支持ばね定数は片側レール当たりの値

キーワード：在姿ロングレール、レール応力、梁モデル

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7275 FAX 042-573-7432

長の落ち込みに起因する輪重変動が発生して、底部曲げ応力およびボルト穴応力にはそれに対応するピークが現れており、実測値の変動の傾向を概ね表している。レール底部曲げ応力とボルト穴周り応力変動の実測値と解析結果の比較を図6に示す。図6のボルト穴応力については、測点の中で変動が大きい方の値を載せた。図6より、底部曲げ応力は良く合っており、ボルト穴周り応力は2割程度の差が生じているが、測定誤差も考慮すると、この解析モデルにより底部曲げ応力とボルト穴周り応力を概ね推定することができると考えられる。

次に、複数の実測凹凸波形に対して応力解析を行い、レール底部曲げ応力とボルト穴応力変動の関係を調べた。車両を485系、浮きまくらぎのない有道床軌道を想定した50kgNレールの場合の解析結果を図7に示す。普通レールの場合のボルト穴応力変動は、底部曲げ応力のピーク値に対して50kgNレールでは2.6倍、60kgレールでは2.9倍であった。また、端部熱処理レールの場合には、この比率は50kgNレールでは2.8倍、60kgレールでは3.1倍であった。

4. おわりに

レール継目部の梁モデルについて解析結果を現地測定結果と比較し、概ね良好な結果を得た。この解析ツールを用いて、在姿ロングレールの寿命評価を行うことができる。最後に、現地測定結果の使用に際しご協力いただいた東日本旅客鉄道株式会社に感謝いたします。

〔参考文献〕

- 1) 片岡宏夫他：レール継目部の動的応力解析と寿命推定，鉄道総研報告，Vol.19，No.2，2005.2
- 2) 石田誠他：軌道動的応答モデルとその解析結果，鉄道総研報告，Vol.11，No.2，1997.2
- 3) 大越正裕他：在姿ロングレールにおける応力測定と削正による応力低減効果について、土木学会、第59回年次学術講演会講演概要集、2004年9月

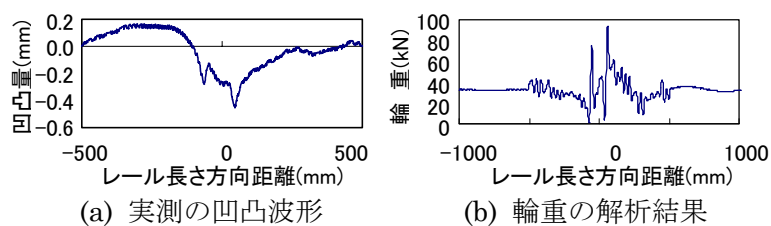


図3 凹凸波形と輪重解析結果

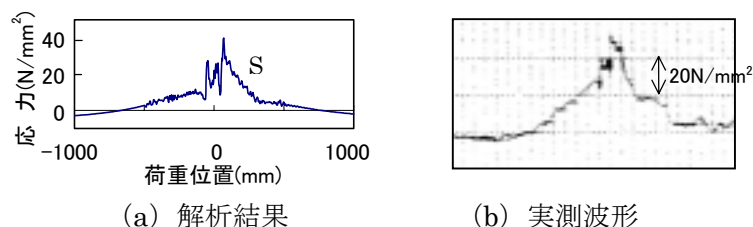


図4 レール底部曲げ応力の比較

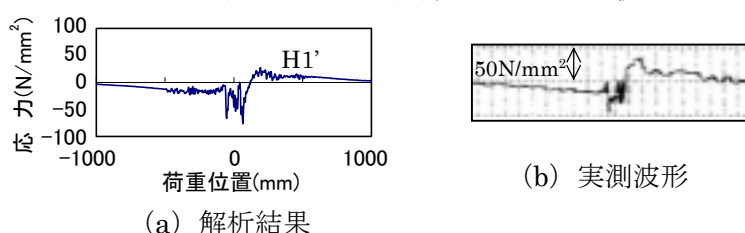


図5 ボルト穴周り応力の比較

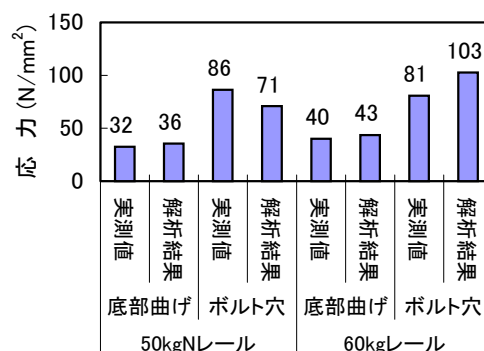


図6 実測値と解析結果の比較

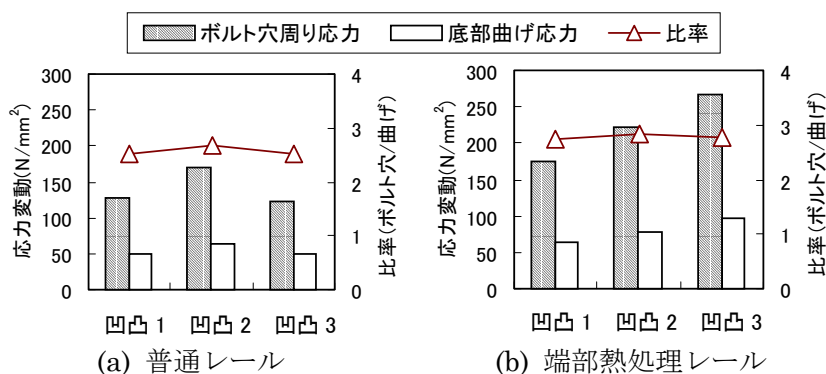
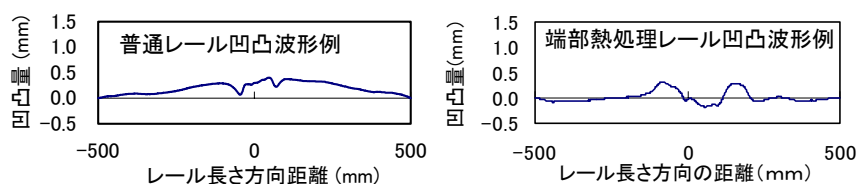


図7 ボルト穴応力と底部曲げ応力の比較（50kgNレール）